УКРАЇНА

(19) UA (11) 119765 (13) C2

(51) МПК (2019.01)
H04S 3/00

МІНІСТЕРСТВО ЕКОНОМІЧНОГО РОЗВИТКУ І ТОРГІВЛІ УКРАЇНИ

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

(21) Номер заявки: **a 2016 10606**

(22) Дата подання заявки: **24.03.2015**

(24) Дата, з якої є чинними права на винахід: **12.08.2019**

(31) Номер попередньої заявки відповідно до Паризької конвенції: **14305423.7, 14305559.8**

(32) Дата подання попередньої заявки відповідно до Паризької конвенції: **24.03.2014, 15.04.2014**

(33) Код держави-учасниці Паризької конвенції, до якої подано попередню заявку: **EP, EP**

(41) Публікація відомостей про заявку: **27.02.2017, Бюл.№ 4**

(46) Публікація відомостей про видачу патенту: **12.08.2019, Бюл.№ 15**

(86) Номер та дата подання міжнародної заявки, поданої відповідно до Договору PCT: **PCT/EP2015/056206, 24.03.2015**

(72) Винахідник(и):
Бем Йоханнес (DE),
Кайлер Флоріан (DE)

(73) Власник(и):
ДОЛБІ ІНТЕРНЕШНЛ АБ,
Apollo Building 3E, Herikerbergweg 1-35, NL-1101 CN Amsterdam Zuid-Oost, The Netherlands (NL)

(74) Представник:
Мошинська Ніна Миколаївна, реєстр. №115

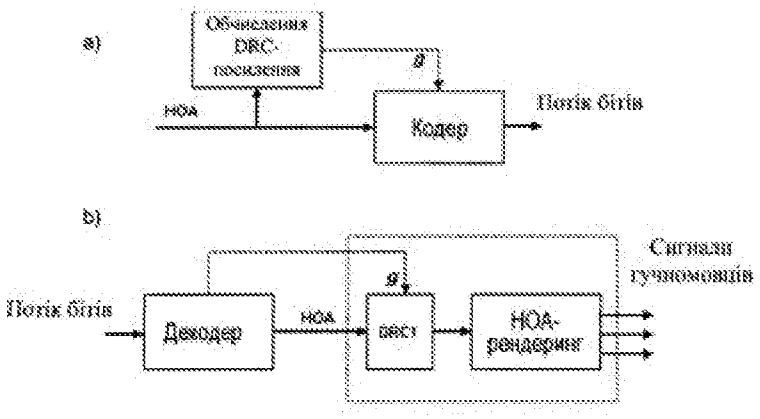
(56) Перелік документів, взятих до уваги експертизою:
EP 2688066 A1, 22.01.2014
WD1-HOA Text of MPEG-H 3D Audio. 107. MPEG MEETING. 13.01.2014 - 17.01.2014, SAN JOSE; (MOTION PICTURE EXPERT GROUP OR ISO/IEC JTC1/SC29/WG11), no. N14264, XP 030021001
BURNETT IAN ET AL. Encoding Higher Order Ambisonics with AAC. AES CONVENTION 124, MAY 2008, AES, 60 EAST 42ND STREET, ROOM 2520 NEW YORK 10165-2520, USA, (01.05.2008), XP 040508582

(54) СПОСІБ І ПРИСТРІЙ ДЛЯ ЗАСТОСУВАННЯ СТИСНЕННЯ ДИНАМІЧНОГО ДІАПАЗОНУ ДО СИГНАЛУ АМБІОФОНІЇ ВИЩОГО ПОРЯДКУ

(57) Реферат:

Керування динамічним діапазоном (DRC) не може просто застосовуватися до сигналів на основі амбіофонії вищого порядку (HOA). Спосіб для виконання DRC для HOA-сигналу включає перетворення HOA-сигналу в просторову область, аналіз перетвореного HOA-сигналу і отримання, з результатів згаданого аналізу, коефіцієнтів посилення, які є застосовними для динамічного стиснення. Коефіцієнти посилення можуть передаватися разом з HOA-сигналом. При застосуванні DRC, HOA-сигнал перетворюється в просторову область, коефіцієнти посилення витягуються і множаться на перетворений HOA-сигнал в просторовій області, при цьому виходить перетворений HOA-сигнал з компенсацією посилення. Перетворений HOA-сигнал з компенсацією посилення перетворюється назад в HOA-область, при цьому виходить HOA-сигнал з компенсацією посилення.

UA 119765 C2


a)
Обчислення DRC-положення
g
HOA
Кодер
Потік бітів
b)
Потік бітів
Декодер
HOA
DRC
g
HOA-рендерінг
Сигнали гучномовців

Фіг. 2

Галузь техніки

Даний винахід стосується способу і пристрою для виконання стиснення динамічного діапазону (DRC) для сигналу на основі амбіофонії, і зокрема, для сигналу на основі амбіофонії вищого порядку (HOA).

Рівень техніки

Мета стиснення динамічного діапазону (DRC) полягає в тому, щоб зменшувати динамічний діапазон аудіосигналу. Змінюваний у часі коефіцієнт посилення застосовується до аудіосигналу. Типово, цей коефіцієнт посилення залежить від амплітудної обвідної сигналу, що використовується для керування посиленням. Перетворення є загалом нелінійним. Великі амплітуди перетворюються в менші, в той час як слабкі звуки часто посилюються. Сценарії являють собою зашумлені оточення, прослуховування пізньої ночі, невеликі динаміки або прослуховування в мобільних навушниках.

Загальний принцип для потокової передачі або широкомовної передачі аудіо полягає в тому, щоб формувати DRC-посилення перед передачею і застосовувати ці посилення після прийому і декодування. Принцип використовування DRC, тобто те, як DRC звичайно застосовується до аудіосигналу, показаний на фіг. 1a. Виявляється рівень сигналу, звичайно обвідна сигналу, і обчислюється зв'язане змінюване у часі посилення g_{DRC}. Посилення використовується для того, щоб змінювати амплітуду аудіосигналу. Фіг. 1b показує принцип використовування DRC для кодування/декодування, в якому коефіцієнти посилення передаються разом з кодованим аудіосигналом. На стороні декодера, посилення застосовуються до декодованого аудіосигналу, щоб зменшувати його динамічний діапазон.

Для тривимірного аудіо, різні посилення можуть застосовуватися до каналів гучномовців, які представляють різні просторові позиції. Ці позиції потім повинні бути відомими на відправляючій стороні з тим, щоб мати можливість формувати співпадаючий набір посилень. Це звичайно можливе тільки для ідеалізованих умов, в той час як в реалістичних випадках, кількість динаміків і їх розміщення варіюється множиною способів. Це в більшій мірі зумовлене практичними міркуваннями, а не технічними вимогами. Амбіофонія вищого порядку (HOA) являє собою аудіоформат, який забезпечує можливість гнучкого рендерингу. HOA-сигнал складається з каналів коефіцієнтів, які безпосередньо не представляють рівні звуку. Отже, DRC не може просто застосовуватися до сигналів на основі HOA.

Суть винаходу

Даний винахід вирішує щонайменше проблему того, як DRC може застосовуватися до HOA-сигналів. HOA-сигнал аналізується для того, щоб отримувати один або більше коефіцієнтів посилення. В одному варіанті здійснення, виходять щонайменше два коефіцієнти посилення, і аналіз HOA-сигналу містить перетворення в просторову область (iDSHT). Один або більше коефіцієнтів посилення передаються разом з вихідним HOA-сигналом. Спеціальний індикатор може передаватися, щоб вказувати те, рівні чи ні всі коефіцієнти посилення. Це має місце в так званому спрощеному режимі, тоді як щонайменше два різних коефіцієнти посилення використовуються в неспрощеному режимі. У декодері, одне або більше посилення можуть (але не обов'язково повинні) застосовуватися до HOA-сигналу. Користувач має вибір відносно того, застосовувати чи ні один або більше посилення. Перевага спрощеного режиму полягає в тому, що він вимагає значно меншого об'єму обчислень, оскільки використовується тільки один коефіцієнт посилення, і оскільки коефіцієнт посилення може застосовуватися до каналів коефіцієнтів HOA-сигналу безпосередньо в HOA-області, так що перетворення в просторову область і подальше перетворення назад в HOA-область можуть пропускатися. У спрощеному режимі, коефіцієнт посилення виходить за допомогою аналізу тільки каналу коефіцієнтів нульового порядку HOA-сигналу.

Згідно з одним варіантом здійснення винаходу, спосіб для виконання DRC для HOA-сигналу містить перетворення HOA-сигналу в просторову область (за допомогою зворотного DSHT), аналіз перетвореного HOA-сигналу і отримання, з результатів згаданого аналізу, коефіцієнтів посилення, які є застосовними для стиснення динамічного діапазону. На додаткових етапах, отримані коефіцієнти посилення множаться (в просторовій області) на перетворений HOA-сигнал, при цьому виходить перетворений HOA-сигнал зі стисненням посилення. На завершення, перетворений HOA-сигнал зі стисненням посилення перетворюється назад в HOA-область (за допомогою DSHT), тобто в область коефіцієнтів, при цьому виходить HOA-сигнал зі стисненням посилення.

Додатково, згідно з одним варіантом здійснення винаходу, спосіб для виконання DRC в спрощеному режимі для HOA-сигналу містить аналіз HOA-сигналу і отримання з результатів згаданого аналізу коефіцієнта посилення, яке є застосовним для стиснення динамічного діапазону. На додаткових етапах, після оцінки індикатора, отриманий коефіцієнт посилення

множиться на канали коефіцієнтів HOA-сигналу (в HOA-області), при цьому виходить HOA-сигнал зі стисненням посилення. Також після оцінки індикатора, можна визначати те, що перетворення HOA-сигналу може пропускатися. Індикатор для того, щоб вказувати спрощений режим, тобто те, що використовується тільки один коефіцієнт посилення, може задаватися неявно, наприклад, якщо тільки спрощений режим може використовуватися внаслідок апаратних або інших обмежень, або явно, наприклад, при призначеному для користувача виборі спрощеного або неспрощеного режиму.

Додатково, згідно з одним варіантом здійснення винаходу, спосіб для застосування коефіцієнтів DRC-посилення до HOA-сигналу містить прийом HOA-сигналу, індикатора і коефіцієнтів посилення, визначення того, що індикатор вказує неспрощений режим, перетворення HOA-сигналу в просторову область (з використовуванням зворотного DSHT), при цьому виходить перетворений HOA-сигнал, множення коефіцієнтів посилення на перетворений HOA-сигнал, при цьому виходить перетворений HOA-сигнал зі стисненням динамічного діапазону, і перетворення перетвореного HOA-сигналу зі стисненням динамічного діапазону назад в HOA-область (тобто в область коефіцієнтів) (з використовуванням DSHT), при цьому виходить HOA-сигнал зі стисненням динамічного діапазону. Коефіцієнти посилення можуть прийматися разом з HOA-сигналом або окремо.

Додатково, згідно з одним варіантом здійснення винаходу, спосіб для застосування коефіцієнта DRC-посилення до HOA-сигналу містить прийом HOA-сигналу, індикатора і коефіцієнта посилення, визначення того, що індикатор вказує спрощений режим, і після згаданого визначення, множення коефіцієнта посилення на HOA-сигнал, при цьому виходить HOA-сигнал зі стисненням динамічного діапазону. Коефіцієнти посилення можуть прийматися разом з HOA-сигналом або окремо.

Пристрій для застосування коефіцієнтів DRC-посилення до HOA-сигналу розкритий в пункті 11 формули винаходу.

В одному варіанті здійснення, винахід надає машинозчитуваний носій, який має інструкції, які виконуються для того, щоб наказувати комп'ютеру здійснювати спосіб для застосування коефіцієнтів DRC-посилення до HOA-сигналу, що містить етапи, як описано вище.

В одному варіанті здійснення, винахід надає машинозчитуваний носій, який має інструкції, які виконуються для того, щоб наказувати комп'ютеру здійснювати спосіб для виконання DRC для HOA-сигналу, що містить етапи, як описано вище.

Переважні варіанти здійснення винаходу розкриті в прикладеній формулі винаходу, в нижченаведеному описі і на кресленнях.

Короткий опис креслень

Зразкові варіанти здійснення винаходу описані з посиланням на прикладені креслення, з яких:

Фіг. 1 показує загальний принцип DRC застосовуваний до аудіо;

Фіг. 2 показує загальний підхід для застосування DRC до сигналів на основі HOA згідно з винаходом;

Фіг. 3 показує сферичні сітки динаміків для N=1-N=6;

Фіг. 4 показує створення DRC-посилень для HOA;

Фіг. 5 показує застосування DRC до HOA-сигналів;

Фіг. 6 показує обробку стиснення динамічного діапазону на стороні декодера;

Фіг. 7 показує DRC для HOA в QMF-області, комбіноване з етапом рендерингу; і

Фіг. 8 показує DRC для HOA в QMF-області, комбіноване з етапом рендерингу для простого випадку однієї групи DRC-посилень.

Детальний опис винаходу

Даний винахід описує те, як DRC може застосовуватися до HOA. Це традиційно непросто, оскільки HOA є описом звукового поля. Фіг. 2 ілюструє принцип підходу. На стороні кодування або передачі, як показано на фіг. 2a, HOA-сигналу аналізуються, DRC-посилення g обчислюються з аналізу HOA-сигналу, і DRC-посилення кодуються і передаються разом з кодованим уявленням HOA-контенту. Він може являти собою мультиплексований потік бітів або два або більше окремих потоків бітів.

На стороні декодування або прийому, як показано на фіг. 2b, посилення g витягуються з такого потоку бітів або потоків бітів. Після декодування потоку бітів або потоків бітів в декодері, посилення g застосовуються до HOA-сигналу, як описано нижче. За допомогою цього, посилення застосовуються до HOA-сигналу, тобто загалом виходить HOA-сигнал із зменшеним динамічним діапазоном. На завершення, HOA-сигнал з відрегульованим динамічним діапазоном піддається рендерингу в модулі HOA-рендерингу.

Далі пояснюються використовувані допущення і визначення.

Допущення полягають в тому, що модуль HOA-рендерингу зберігає енергію, тобто використовуються N3D-нормалізовані сферичні гармоніки, і енергія однонаправленого сигналу, кодованого в HOA-представленні, підтримується після рендерингу. Наприклад, в WO2015/007889A(PD130040) описується те, як досягати цього HOA-рендерингу із збереженням енергії.

Визначення використовуваних термінів наступні.

$B \in \mathbb{R}^{(N+1)^2 \times \tau}$ $B = [b(1), b(2), .., b(t), .., b(\tau)]$ позначає блок τ HOA-вибірок, , з вектором $b(t) = [b_1, b_2, ... b_o, ... b_{(N+1)^2}]^T = [B_0^0, B_1^{-1}, ... B_n^m, ... B_N^N,]^T$, який містить коефіцієнти амбіофонії в ACN-порядку (векторний індекс $o=n^2+n+m+1$ з індексом n порядку коефіцієнтів й індексом m ступеню коефіцієнтів). N позначає порядок HOA-зрізання. Кількість коефіцієнтів вищого порядку в b становить $(N+1)^2$, індекс вибірки для одного блока даних становить t. τ може варіюватися звичайно від однієї вибірки до 64 вибірок або більше. Сигнал $b_o = [b_1(1), b_1(2), ..., b_1(\tau)]$ нульового порядку є першим рядком B. $D \in \mathbb{R}^{L \times (N+1)^2}$ позначає матрицю рендерингу із збереженням енергії, яка піддає рендерингу блок HOA-вибірок в блок каналу L-гучномовця в просторовій області: $W = DB$ де $W \in \mathbb{R}^{L \times \tau}$. Це являє собою передбачувану процедуру модуля HOA-рендерингу на фіг. 2b (HOA-рендеринг).

$D_L \in \mathbb{R}^{(N+1)^2 \times (N+1)^2}$ позначає матрицю рендерингу, пов'язану з $L_L = (N+1)^2$ каналів, які позиціонуються на сфері з дуже високою регулярністю таким способом, що всі сусідні позиції спільно використовують ідентичну відстань. D_L є добре зумовленою, і її інверсія D_L^{-1} існує. Таким чином, обидві з них задають пару матриць перетворення (DSHT - дискретне перетворення сферичних гармонік):

$W_L = D_L B \quad B = D_L^{-1} W_L$,

g є вектором $L_L=(N+1)^2$ DRC-значень посилення. Значення посилення приблизно повинні застосовуватися до блока в τ вибірок і приблизно повинні бути згладженими між блоками. Для передачі, значення посилення, які спільно використовують ідентичні значення, можуть комбінуватися в групи посилень. Якщо використовується тільки одна група посилень, це позначає те, що одне значення DRC-посилення, тут указуване за допомогою g_1, застосовується до всіх τ вибірок каналів динаміків.

Для кожного порядку N HOA-зрізання, задається ідеальна сітка $L_L = (N+1)^2$ віртуальних динаміків і зв'язана матриця D_L рендерингу. Позиції віртуальних динаміків дискретизують просторові області, які оточують віртуального слухача. Сітки для N=1-6 показані на фіг. 3, при цьому області, пов'язані з динаміком, є заштрихованими комірками. Одна позиція дискретизації завжди пов'язана з позицією центрального динаміка (азимут=0, нахил=$\pi/2$; Потрібно зазначити, що азимут вимірюється від фронтального напрямку, пов'язаного з позицією прослуховування). Позиції дискретизації, D_L, D_L^{-1} відомі на стороні кодера, коли DRC-посилення утворюються. На стороні декодера, D_L і D_L^{-1} повинні бути відомими для застосування значень посилення.

Утворення DRC-посилень для HOA працює таким чином.

HOA-сигнал перетворюється в просторову область за допомогою $W_L = D_L B$. Аж до $L_L=(N+1)_2$ DRC-посилень g_l утворюються за допомогою аналізу цих сигналів. Якщо контент являють собою комбінацію HOA і аудіооб'єктів (AO), AO-сигнали, такі як, наприклад, діалогові доріжки, можуть використовуватися для бічного зчеплення. Це показано на фіг. 4b. При утворенні різних значень DRC-посилення, пов'язаних з різними просторовими областями, потрібно звертати увагу на те, що ці посилення не впливають на стабільність просторових зображень на стороні декодера. Щоб не допускати цього, одне посилення може призначатися всім L-каналам в найпростішому випадку (так званий спрощений режим). Це може виконуватися за допомогою аналізу всіх просторових сигналів W або за допомогою аналізу блока (b_o) вибірок HOA-коефіцієнтів нульового порядку, і перетворення в просторову область не потрібне (фіг. 4a). Воно є ідентичним аналізу сигналу зведення W. Нижче приведена докладніша

інформація.

На фіг. 4, показане утворення DRC-посилень для HOA. Фіг. 4a ілюструє те, як одне посилення g_1 (для однієї групи посилень) може витягуватися з компонента $\mathcal{E}_0$ нульового HOA-порядку (необов'язкового при бічному зчепленні з AO). Компонент $\mathcal{E}_0$ нульового HOA-порядку аналізується в блоці 41s DRC-аналізу, і витягується одне посилення g_1. Одне посилення g_1 окремо кодується в кодері 42s DRC-посилення. Кодоване посилення потім кодується разом з HOA-сигналом B в кодері 43, який виводить кодований потік бітів. Необов'язково, додаткові сигнали 44 можуть бути включені в кодування. Фіг. 4b ілюструє, те як два або більше DRC-посилення утворюються за допомогою перетворення (40) HOA-представлення в просторову область. Перетворений HOA-сигнал W_L потім аналізується в блоці 41 DRC-аналізу, і значення g посилення витягуються і кодуються в кодері 42 DRC-посилення. Також тут, кодоване посилення кодується разом з HOA-сигналом B в кодері 43, і необов'язково додаткові сигнали 44 можуть бути включені в кодування. Як приклад, звуки позаду (наприклад, фоновий звук) можуть отримувати більше ослаблення, ніж звуки, які виходять з переднього і бічного напрямків. Це повинно приводити до $(N+1)^2$ значень посилення в g, які можуть передаватися в двох групах посилень згідно з цим прикладом. Необов'язково, також тут можна використовувати бічне зчеплення за допомогою форм сигналу аудіооб'єктів і їх направленої інформації. Бічне зчеплення позначає те, що DRC-посилення для сигналу виходять з іншого сигналу. Це зменшує потужність HOA-сигналу. Відволікаючі звуки в HOA-зведенні, спільно використовуючі ідентичні області просторових джерел з AT-звуками переднього плану, можуть отримувати сильніші посилення при ослабленні, ніж просторово видалені звуки.

Значення посилення передаються на сторону приймального пристрою або декодера.

Змінна кількість від 1 до $L_L=(N+1)^2$ значень посилення, пов'язаних з блоком у т вибірок, передається. Значення посилення можуть призначатися групам каналів для передачі. У варіанті здійснення, всі рівні посилення комбінуються в одній групі каналів для того, щоб мінімізувати дані, які передаються. Якщо передається одне посилення, воно пов'язане з всіма L_L каналами. Передаються значення g_{i_g} посилення груп каналів і їх кількість. Використовування груп каналів передається в службових сигналах, так що приймальний пристрій або декодер може коректно застосовувати значення посилення.

Значення посилення застосовуються таким чином.

Приймальний пристрій/декодер може визначати кількість кодованих значень посилення, які передаються, декодувати (51) пов'язану інформацію і призначати (52-55) посилення $L_L=(N+1)^2$ каналам.

Якщо передається тільки одне значення посилення (одна група каналів), воно може безпосередньо застосовуватися (52) до HOA-сигналу ($B_{DRC} = g_1 B$), як показано на фіг. 5a. Це має перевагу, оскільки декодування є набагато простішим і вимагає значно меншого об'єму обробки. Причина полягає в тому, що матричні операції не потрібні; замість цього, значення посилення можуть застосовуватися (52) безпосередньо, наприклад, множитися на HOA-коефіцієнти. Для отримання подальшої інформації див. нижче.

Якщо передаються два або більше посилень, кожне посилення груп каналів призначається L канальних посилень $g = [g_1, \ldots, g_L]$.

Для сітки віртуальних регулярних гучномовців, сигнали гучномовців з застосовуваними DRC-посиленнями обчислюються таким чином:

$$\bar{W}_L = diag(g) \cdot W_L,$$

Результуюче модифіковане HOA-представлення потім обчислюється таким чином:

$$B_{DRC} = D_L^{-1} \bar{W}_L,$$

Це може бути спрощено, як показано на фіг. 5b. Замість перетворення HOA-сигналу в просторову область, застосування посилень і перетворення результату назад в HOA-область, вектор посилення перетворюється (53) в HOA-область таким чином:

$$G = D_L^{-1} \, diag(g) \, D_L,$$

де $\in \mathbb{R}^{(N+1)^2 \times (N+1)^2}$. Матриця посилень застосовується безпосередньо до HOA-коефіцієнтів

$$B_{DRC} = GB$$

в блоці 54 призначення посилень: .

$(N+1)^2 < \tau$

Це є ефективнішим з точки зору обчислювальних операцій, необхідних для . Іншими словами, це рішення має перевагу над традиційними рішеннями, оскільки декодування є набагато простішим і вимагає значно меншого об'єму обробки. Причина полягає в тому, що матричні операції не потрібні; замість цього, значення посилення можуть застосовуватися безпосередньо, наприклад, множитися на HOA-коефіцієнти в блоці 54 призначення посилень.

В одному варіанті здійснення, ще ефективніший спосіб застосування матриці посилень полягає в тому, щоб обробляти, в блоці (57) модифікації матриці модуля рендерингу, матрицю

$$\tilde{D} = DG$$

модуля рендерингу за допомогою , застосовувати DRC і піддавати рендерингу HOA-

$$W = \tilde{D}B$$

сигнал за один етап: . Це показано на фіг. 5c. Це є корисним, якщо $L < \tau$.

У загальних словах, фіг. 5 показує різні варіанти здійснення застосування DRC до HOA-сигналів. На фіг. 5a, посилення однієї групи каналів передається і декодується (51) і застосовується безпосередньо до HOA-коефіцієнтів (52). Потім HOA-коефіцієнти піддають рендерингу (56) з використовуванням нормальної матриці рендерингу.

На фіг. 5b, більше одного посилення груп каналів передаються і декодуються (51). Декодування приводить до вектора g посилення з $(N+1)^2$ значень посилення. Матриця G посилень утворюється і застосовується (54) до блока HOA-вибірок. Вони потім піддають рендерингу (56) за допомогою використовування нормальної матриці рендерингу.

На фіг. 5c, замість застосування декодованого значення посилення/матриці посилень до HOA-сигналу безпосередньо, воно застосовується безпосередньо до матриці модуля рендерингу. Це виконується в блоці (57) модифікації матриці модуля рендерингу, і забезпечується обчислювальна перевага, якщо розмір τ DRC-блока перевищує кількість L вихідних каналів. У цьому випадку, HOA-вибірки піддають рендерингу (57) за допомогою використання модифікованої матриці рендерингу.

Далі описується обчислення ідеальних матриць DSHT (дискретного перетворення сферичних гармонік) для DRC. Такі DSHT-матриці, зокрема, оптимізовані для використовування в DRC і відрізняються від DSHT-матриць, які використовуються для іншої мети, наприклад, для стиснення швидкості передачі даних.

Вимоги для ідеальних матриць D_L і D_L^{-1} рендерингу і кодування, пов'язаних з ідеальною сферичною схемою розміщення, витягуються нижче. На завершення, ці вимоги є наступними:

(1) матриця D_L рендерингу повинна бути оборотною, тобто D_L^{-1} повинна існувати;

(2) сума амплітуд в просторовій області повинна відображатися як HOA-коефіцієнти нульового порядку після перетворення з просторової в HOA-область і повинна зберігатися після подальшого перетворення в просторову область (вимога за амплітудою); і

(3) енергія просторового сигналу повинна зберігатися при перетворенні в HOA-область і назад в просторову область (вимога по збереженню енергії).

Навіть для ідеальних схем розміщення для рендерингу, вимога 2 і 3, здається, суперечать одна одній. При використанні простого підходу для того, щоб витягувати матриці DSHT-перетворення, наприклад, підходів, відомих з попереднього рівня техніки, тільки одна або друга з вимог (2) і (3) може задовольнятися без помилки. Задоволення однієї з вимог (2) і (3) без помилки приводить до помилок, що перевищують 3 дБ, для іншого. Це звичайно приводить до чутних артефактів. Нижче описується спосіб для того, щоб долати цю проблему.

По-перше, вибирається ідеальна сферична схема розміщення з $L_L=(N+1)^2$. L напрямків позицій (віртуальних) динаміків задаються за допомогою Ω_l, і зв'язана матриця мод $\Psi_L = [\varphi(\Omega_1), \ldots, \varphi(\Omega_l), \varphi(\Omega_L)]^T$ позначається як . Кожний $\varphi(\Omega_l)$ є вектором мод, який містить сферичні гармоніки напрямку Ω_l. L квадратурних посилень, пов'язаних з позиціями в сферичній схемі розміщення, збираються у векторі q. Ці квадратурні посилення оцінюють сферичну область навколо таких позицій і всі підсумовуються в значення 4π, пов'язане з поверхнею

сфери з радіусом в одиницю. Перша прототипна матриця $\tilde{D}_L$ рендерингу витягується наступним чином: $\tilde{D}_L = diag(q)\frac{\Psi_L}{L}$.

Потрібно зазначити, що розподіл на L може опускатися внаслідок подальшого етапу нормалізації (див. нижче).

По-друге, виконується компактне розкладання за сингулярними значеннями: $\tilde{D}_L = USV^T$, і друга прототипна матриця витягується наступним чином: $\tilde{\tilde{D}}_L = UV^T$.

По-третє, прототипна матриця нормалізується:

$$\breve{D}_L = \frac{\tilde{\tilde{D}}_L}{\left\|\tilde{\tilde{D}}_L\right\|_k},$$

де k позначає тип матричної норми. Два типи матричної норми показують однаково хорошу продуктивність. Повинна використовуватися або норма k=1, або норма Фробеніуса. Ця матриця задовольняє вимогу 3 (збереження енергії).

По-четверте, на останньому етапі підставляється амплітудна помилка для того, щоб задовольняти вимогу 2. Вектор-рядок e обчислюється таким чином: $e = -\frac{1_L^T \breve{D}_L - [1,0,0,\ldots 0]}{L}$, де $[1,0,0,\ldots,0]$ є вектором-рядком з $(N+1)^2$ всіх нульових елементів за винятком першого елемента зі значенням в одиницю. $1_L^T \breve{D}_L$ позначає вектори суми рядків $\breve{D}_L$. Матриця D_L рендерингу тепер витягується за допомогою підстановки амплітудної помилки: $D_L = \breve{D}_L + [e^T, e^T, e^T, \ldots]^T$, де вектор e додається в кожний рядок $\breve{D}_L$. Ця матриця задовольняє вимогу 2 і вимогу 3. Всі елементи першого рядка D_L^{-1} стають рівними одиниці.

Далі пояснюються докладні вимоги для DRC.

По-перше, L_L ідентичних посилень зі значенням g_1, що застосовується в просторовій області, дорівнюють, щоб застосовувати посилення g_1 до HOA-коефіцієнтів:

$$D_L^{-1}\, g\, W_L = D_L^{-1}\, g_1 I\, D_L\, B = g_1 D_L^{-1}\, D_L\, B = g_1 B$$

Це приводить до вимоги: $D_L^{-1} D_L = I$, що позначає те, що $L = (N+1)^2$, і D_L^{-1} повинні існувати (тривіальний випадок).

По-друге, аналіз підсумовуючого сигналу в просторовій області дорівнює аналізу HOA-компонента нульового порядку. DRC-аналізатори використовують енергію сигналів, а також її амплітуду. Таким чином, підсумовуючий сигнал пов'язаний з амплітудою і енергією.

Модель проходження сигналів HOA: $B = \Psi_e X_s \quad X_s \in \mathbb{R}^{S \times T}$, $\Psi_e = [\varphi(\Omega_1), \ldots, \varphi(\Omega_s), \varphi(\Omega_S)]$ є матрицею S направлених сигналів; $\varphi(\Omega_s) = [Y_0^0(\Omega_s), Y_1^{-1}(\Omega_s), \ldots Y_N^N(\Omega_s)]^T$ є N3D-матрицею мод, пов'язаною з напрямками Ω_1 ,..., Ω_s. Вектор мод збирається зі сферичних гармонік. У системі позначень N3D, компонент $Y_0^0(\Omega_s) = 1$ нульового порядку є незалежним від напрямку.

HOA-сигнал компонента нульового порядку повинен ставати сумою направлених сигналів $\Phi_o = [b_1(1), b_1(2), \ldots, b_1(T)] = 1_S^T X_s$, щоб відображати коректну амплітуду підсумовуючого сигналу. 1_S є вектором, зібраним з S елементів зі значенням в 1. Енергія направлених сигналів

$\mathcal{E}_\sigma \mathcal{E}_\sigma^T = \mathbf{1}_S^T X_s X_s^T \mathbf{1}_S$ зберігається в цих даних, оскільки . Це повинно спрощуватися в $\sum_{\sigma=1}^{S}\sum_{t=1}^{T} X_{s,t}^2 = ||X_s||_{fro}^2$ X_s, якщо сигнали не корелюються.

Сума амплітуд в просторовій області задається наступним чином: $\mathbf{1}_L^T W_L = \mathbf{1}_L^T D_L \Psi_\varepsilon X_s = \mathbf{1}_L^T M_L X_s$ $M_L = D_L \Psi_\varepsilon$ з матрицею HOA-панорамування.

$\mathcal{E}_\sigma = \mathbf{1}_S^T X_s$ $\mathbf{1}_L^T M_L = \mathbf{1}_L^T D_L \Psi_\varepsilon = \mathbf{1}_S^T$ Це стає для . Друга вимога може порівнюватися з вимогою за сумою амплітуд, які іноді використовуються в панорамуванні, такому як VBAP. Емпірично можна бачити, що це може досягатися в хорошій апроксимації для дуже $D_L = \Psi_\varepsilon^{-1}$ симетричного сферичного компонування динаміків з , оскільки виявляється наступне: $\mathbf{1}_L^T D_L \approx [1,0,0,..,0] \implies \mathbf{1}_L^T D_L \Psi_\varepsilon \approx [Y_0^0(\Omega_1), ... Y_0^0(\Omega_S)] = \mathbf{1}_S^T$. Вимога за амплітудою потім може бути досягнута з необхідною точністю. Це також забезпечує те, що може задовольнятися вимога по енергії для підсумовуючого сигналу.

Сума енергій в просторовій області задається таким чином: $\mathbf{1}_L^T W_L W_L^T \mathbf{1}_L = \mathbf{1}_L^T M_L X_s X_s^T M_L \mathbf{1}_L$ $\mathbf{1}_S^T X_s X_s^T \mathbf{1}_S$, що повинно ставати в хорошій апроксимації , наявність ідеального необхідного симетричного компонування динаміків. Це приводить до $\mathbf{1}_L^T D_L \simeq [1,0,0,..,0]$ вимоги: , і крім цього, з моделі проходження сигналів можна прийти до такого D_L^{-1} висновку, що верхній рядок повинен бути [1,1,1,1...], тобто вектор довжини L з "одиничними" елементами, з тим щоб повторно кодований нульовий сигнал порядку підтримував амплітуду і енергію.

$x_s \in \mathbb{R}^{1 \times T}$ По-третє, збереження енергії є обов'язковою передумовою. Енергія сигналу повинна зберігатися після перетворення в HOA і просторового рендерингу в гучномовці Ω_s $||D_L \varphi(\Omega_s)||_2^2 = 1$ незалежно від напрямку сигналу. Це приводить до . Це може досягатися за допомогою моделювання D_L з матриць обертання і діагональної матриці посилень: $D_L = UV^T diag(a)$ (Ω_s) (залежність від напрямку виключена для зрозумілості): $||D_L \varphi||_2^2 = \varphi^T D_L^T D_L \varphi = \varphi^T diag(a) V U^T U V^T diag(a) \varphi = \varphi^T diag(a)^2 \varphi = \sum_{\sigma=1}^{(N+1)^2} a_\sigma^2 \varphi_\sigma^2 \equiv 1$.

$\varphi_\sigma^2 = Y_n^{m2}(\Omega_s) = 1$ a_σ^2 Для сферичних гармонік , так що всі посилення , пов'язані з $||D_L||_{fro}^2 = \sum_{\sigma=1}^{(N+1)^2} a_\sigma^2 = 1$, повинні задовольняти рівняння. Якщо всі посилення вибираються $a_\sigma^2 = (N+1)^{-2}$ $L \geq (N+1)^2$ рівними, це приводить до . Вимога $VV^T=1$ може досягатися для і $L < (N+1)^2$ тільки апроксимуватися для .

$D_L^T D_L = diag(a)^2$ $\sum_{\sigma=1}^{(N+1)^2} a_\sigma^2 = 1$ Це приводить до вимоги: , де .

Як приклад, нижче описується випадок з ідеальними сферичними позиціями (для HOA-порядків N=1-N=3) (табл. 1-3). Ще нижче описуються ідеальні сферичні позиції для додаткових HOA-порядків (N=4-N=6) (табл. 4-6). Всі нижчевказані позиції витягуються з модифікованих позицій, опублікованих в [1]. Спосіб для того, щоб витягувати ці позиції і пов'язані квадратурні/кубатурні посилення, опублікований в [2]. У цих таблицях, азимут вимірюється проти годинникової стрілки від фронтального напрямку, пов'язаного з позицією прослуховування, і нахил вимірюється від осі Z, причому нахил 0 знаходиться вище позиції прослуховування.

N=1 позиція

Сферична позиція Ω_i		q_i
Нахил θ/рад	Азимут ϕ/рад	Квадратурні посилення
0,33983655	3,14159265	3,14159271
1,57079667	0,00000000	3,14159267
2,06167886	1,95839324	3,14159262
2,06167892	-1,95839316	3,14159262

(a):

D_{Σ}:

0,2500	-0,0000	0,4082	-0,1443
0,2500	0,0000	-0,0000	0,4330
0,2500	0,3536	-0,2041	-0,1443
0,2500	-0,3536	-0,2041	-0,1443

(b):

Табл. 1: a) Сферичні позиції віртуальних гучномовців для HOA-порядку N=1, і b) результуюча матриця рендерингу для просторового перетворення (DSHT)

N=2 позиції

Сферична позиція Ω_i		q
Нахил θ/рад	Азимут ϕ/рад	Квадратурні посилення
1,57079633	0,00000000	1,41002219
2,35131567	3,14159265	1,36874571
1,21127801	-1,18149779	1,36874584
1,21127606	1,18149755	1,36874598
1,31812905	-2,45289512	1,41002213
0,00975782	-0,00009218	1,41002214
1,31812792	2,45289621	1,41002230
2,41880319	1,19514740	1,41002223
2,41880555	-1,19514441	1,41002209

(a):

D_{Σ}:

0,1117	0,0000	0,0067	0,2001	0,0000	-0,0000	-0,0931	-0,0078	0,2235
0,1099	-0,0000	-0,1237	-0,1249	-0,0000	0,0000	0,0486	0,2399	0,0889
0,1099	-0,1523	0,0619	0,0625	-0,1278	-0,1266	-0,0850	0,0841	-0,1455
0,1099	0,1523	0,0619	0,0625	0,1278	0,1266	-0,0850	0,0841	-0,1455
0,1117	-0,1272	0,0450	-0,1479	0,1938	-0,0427	-0,0898	-0,1001	0,0350
0,1117	-0,0000	0,2001	0,0086	0,0000	-0,0000	0,2402	-0,0040	0,0310
0,1117	0,1272	0,0450	-0,1479	-0,1938	0,0427	-0,0898	-0,1001	0,0350
0,1117	0,1272	-0,1484	0,0436	0,0408	-0,1942	0,0769	-0,0982	-0,0612
0,1117	-0,1272	-0,1484	0,0436	-0,0408	0,1942	0,0769	-0,0982	-0,0612

(b):

Табл. 2: a) Сферичні позиції віртуальних гучномовців для HOA-порядку N=2, і b) результуюча матриця рендерингу для просторового перетворення (DSHT)

N=3 позиції

Сферична позиція Ω_i		q_i
Нахил θ/рад	Азимут ϕ/рад	Квадратурні посилення
0,49220083	0,00000000	0,75567412
1,12054210	-0,87303924	0,75567398
2,52370429	-0,05517088	0,75567401
2,49233024	-2,15479457	0,87457076
1,57082248	0,00000000	0,87457075
2,02713647	1,01643753	0,75567388
1,61486095	-2,60674413	0,75567396
2,02713675	-1,01643766	0,75567398
1,08936018	2,89490077	0,75567412

1,18114721	0,89523032	0,75567399
0,65554353	1,89029902	0,75567382
1,60934762	1,91089719	0,87457082
2,68498672	2,02012831	0,75567392
1,46575084	-1,76455426	0,75567402
0,58248614	-2,22170415	0,87457060
2,00306837	2,81329239	0,75567389

Табл. 3a: Сферичні позиції віртуальних гучномовців для HOA-порядку N=3

D_L:

0,061457	-0,000075	0,093499	0,050400	-0,000027	0,000060	0,091035	0,098988	0,026750	0,019405	0,001461	0,003133	0,065741	0,124248	0,086602	0,029345
0,061457	-0,073257	0,046432	0,061316	-0,094748	-0,071487	-0,029426	0,059688	-0,016892	-0,055360	-0,097812	-0,010980	-0,082425	-0,007027	-0,048502	-0,080998
0,061457	-0,003584	-0,086661	0,061312	-0,004319	0,006362	0,068273	-0,111895	0,039506	0,008330	0,001142	-0,027428	-0,044323	0,125349	-0,097700	0,021534
0,065628	-0,057573	-0,090918	-0,038050	0,042921	0,102558	0,066570	0,067780	-0,018289	0,008866	-0,087449	-0,104655	-0,011720	-0,061567	0,025778	0,023749
0,065628	-0,000000	-0,000003	0,114142	-0,000000	0,000000	-0,073690	-0,000007	0,127634	0,002742	0,000000	0,010620	0,012464	-0,093807	0,009642	0,121106
0,061457	0,081011	-0,046687	0,050396	0,085735	-0,079893	-0,028706	-0,049469	-0,042390	0,016897	-0,101358	0,003784	0,101201	-0,012537	0,040833	-0,076613
0,061457	-0,054202	-0,004471	-0,091238	0,104013	0,005102	-0,068089	0,008829	0,056943	-0,149185	0,004553	0,050065	0,007556	0,060425	-0,003395	-0,002394
0,061457	-0,080936	-0,046816	0,050396	-0,085707	0,079834	-0,028795	-0,049516	-0,042442	-0,030388	0,099898	0,015986	0,082103	-0,014540	0,065488	-0,078162
0,061457	0,023227	0,049179	-0,091237	-0,044356	0,023858	-0,024641	-0,094498	0,082023	0,072649	-0,042376	-0,007211	-0,082403	0,008618	0,112746	-0,042512
0,061457	0,076842	0,040224	0,061316	0,099067	0,065125	-0,038969	0,052207	-0,022402	0,028674	0,096668	-0,032684	-0,098253	-0,008594	-0,028068	-0,082210
0,061457	0,061293	0,084298	-0,020472	-0,026210	0,108838	0,060891	-0,036183	-0,035381	-0,026726	-0,058661	0,111083	0,035312	-0,053574	-0,087737	0,014123
0,065628	0,107524	-0,004399	-0,038047	-0,080156	-0,009268	-0,073361	0,003280	-0,099081	-0,064714	0,014164	-0,085660	-0,004839	0,038775	0,016889	0,101473
0,061457	0,042357	-0,095230	-0,020477	-0,018235	-0,084766	0,096995	0,040799	-0,014532	-0,025100	0,058531	0,110659	-0,076710	-0,053780	0,056883	0,013978
0,061457	-0,103651	0,010933	-0,020474	0,044445	-0,024073	-0,066259	-0,004608	-0,108789	0,127480	0,000140	0,071265	-0,019816	0,026559	-0,016573	0,076201
0,065628	-0,049951	0,095320	-0,038045	0,037235	-0,093290	0,080481	-0,071053	-0,010264	-0,018490	0,073275	-0,097597	0,032029	-0,080959	-0,030699	0,008722
0,061457	0,030975	-0,044701	-0,091239	-0,059658	-0,028961	-0,032307	0,085658	0,077606	0,084920	0,037824	-0,010382	0,084083	0,002412	-0,102187	-0,047341

b)

Табл. 3b: результуюча матриця рендерингу для просторового перетворення (DSHT)

Термін "чисельна квадратура" часто скорочується до квадратури і є повним синонімом для "чисельного інтегрування", зокрема, при застосуванні до одномірним інтегралів. Чисельне інтегрування більше ніж за одним вимірюванням називається "кубатурою" в даному документі.

Типові сценарії застосування для того, щоб застосовувати DRC-посилення до HOA-сигналів, показані на фіг. 5, як описано вище. Для варіантів застосування зі змішаним контентом, таких як наприклад, HOA плюс аудіооб'єкти, застосування DRC-посилення може бути реалізоване щонайменше двома способами для гнучкого рендерингу.

Фіг. 6 приблизно показує обробку стиснення динамічного діапазону (DRC) на стороні декодера. На фіг. 6a, DRC застосовується перед рендерингом і зведенням. На фіг. 6b, DRC застосовується до сигналів гучномовців, тобто після рендерингу і зведення.

На фіг. 6a, DRC-посилення застосовуються до аудіооб'єктів і HOA окремо: DRC-посилення застосовуються до аудіооб'єктів в DRC-блоці 610 аудіооб'єктів, і DRC-посилення застосовуються до HOA в DRC-блоці 615 HOA. Тут, реалізація DRC-блока 615 HOA блока співпадає з однією з реалізацій на фіг. 5. На фіг. 6b, одне посилення застосовується до всіх каналів змішаного сигналу з сигналу підданої рендерингу HOA і підданого рендерингу аудіооб'єкта. Тут просторовий акцент і послаблення неможливі. Пов'язане DRC-посилення не може утворюватися за допомогою аналізу підсумовуючого сигналу підданого рендерингу зведення, оскільки схема розміщення динаміків клієнтського веб-вузла не відома під час створення на веб-вузлі широкомовної передачі або створення контенту. DRC-посилення може витягуватися за допомогою аналізу $y_m \in \mathbb{R}^{1 \times \tau}$, де y_m є зведенням HOA-сигналу b_w нульового порядку і монозведення S аудіооб'єктів x_s:

$$y_m = b_w + \sum_{s=1}^{S} x_s .$$

Далі описується докладніша інформація розкритого рішення.

DRC для HOA-контента

DRC застосовується до HOA-сигналу перед рендерингом або може комбінуватися з рендерингом. DRC для HOA може застосовуватися у часовій області або в області QMF-гребінки фільтрів.

Для DRC у часовій області, DRC-декодер надає $(N+1)^2$ значень $g_{drc} = \left[g_1 \cdots g_{(N+1)^2}\right]^T$ посилення згідно з кількістю каналів HOA-коефіцієнтів HOA-сигналу c. N є HOA-порядком.

DRC-посилення застосовуються до HOA-сигналів згідно з наступним:

$$c_{drc} = D_L^{-1} diag(g_{drc}) D_L c ,$$

де c є вектором однієї часової вибірки HOA-коефіцієнтів ($c \in \mathbb{R}^{(N+1)^2 \times 1}$), і $D_L \in \mathbb{R}^{(N+1)^2 \times (N+1)^2}$ і її інверсія D_L^{-1} є матрицями, пов'язаними з дискретним перетворенням сферичних гармонік (DSHT), оптимізованим для цілей DRC. В одному варіанті здійснення, для зниження обчислювального навантаження за допомогою $(N+1)^2$ операцій з розрахунку на вибірку, може бути переважним включати етап рендерингу і обчислювати сигнали гучномовців безпосередньо таким чином: $w_{drc} = \left(D\, D_L^{-1}\right)\, \left(diag(g_{drc}) D_L\right) c$, де D є матрицею рендерингу, і $\left(D\, D_L^{-1}\right)$ може попередньо обчислюватися.

Якщо всі посилення $g_1, \cdots, g_{(N+1)^2}$ мають ідентичне значення g_{drc}, як показано в спрощеному режимі, одна група посилень використана для того, щоб передавати DRC-посилення кодера. Цей випадок може бути помічений за допомогою DRC-декодера, оскільки в цьому випадку обчислення в просторовому фільтрі не потрібне, так що обчислення спрощується до: $c_{drc} = g_{drc}\, c$.

Вище описується те, як отримувати і застосовувати значення DRC-посилення. Далі описується обчислення DSHT-матриць для DRC.

Далі, D_L перейменована в D_{DSHT}. Матриці для того, щоб визначати просторовий фільтр D_{DSHT} і його інверсію D_{DSHT}^{-1}, обчислюються таким чином. Набір сферичних позицій Ω_{DSHT}

$= [\Omega_1, \Omega_1, \ldots, \Omega_{(N+1)^2}]$ $\Omega_i = [\theta_i, \phi_i]^T$ з і пов'язаними квадратурними (кубатурними) посиленнями $q \in \mathbb{R}^{(N+1)^2 \times 1}$ вибирається, з індексацією за допомогою HOA-порядку N з таблиць 1-4. Матриця Ψ_{DSHT} мод, пов'язана з цими позиціями, обчислюється так, як описано вище. Іншими словами, матриця Ψ_{DSHT} мод містить вектори мод згідно з $\Psi_{DSHT} = [\varphi(\Omega_1), \ldots, \varphi(\Omega_i), \varphi(\Omega_{(N+1)^2})]$, де кожний $\varphi(\Omega_i)$ є вектором мод, який містить сферичні гармоніки попередньо заданого напрямку Ω_i з $\Omega_i = [\theta_i, \phi_i]^T$. Попередньо заданий напрямок залежить від HOA-порядку N, згідно з табл. 1-6 (приблизно для 1<N<6). Перша прототипна матриця обчислюється таким чином: $\tilde{D}_1 = diag(q)\frac{\Psi_{DSHT}{}^T}{(N+1)^2}$ (розподіл на $(N+1)^2$ може пропускатися внаслідок подальшої нормалізації). Компактне розкладання за сингулярними значеннями виконується, $\tilde{D}_1 = USV^T$, і нова прототипна матриця обчислюються таким чином: $\tilde{\tilde{D}}_2 = UV^T$. Ця матриця нормалізується таким чином: $\check{D}_2 = \frac{\tilde{\tilde{D}}_2}{\left\|\tilde{\tilde{D}}_2\right\|_{fro}}$. Вектор-рядок e обчислюється таким чином: $e = -\frac{1_1^T \check{D}_2 - [1,0,0,\ldots,0]}{(N+1)^2}$, де $[1,0,0,..,0]$ є вектором-рядком з $(N+1)^2$ всіх нульових елементів за винятком першого елемента зі значенням в одиницю. $1_1^T \check{D}_2$ позначає суму рядків $\check{D}_2$. Оптимізована DSHT-матриця D_{DSHT} тепер витягується таким чином: $D_{DSHT} = \check{D}_2 + [e^T, e^T, e^T, ..]^T$. Виявлено, що, якщо $-e$ використовується замість e, винахід надає трохи гірші, але все ще застосовні результати.

Для DRC в області QMF-гребінки фільтрів, наступне застосовне.

DRC-декодер надає значення посилення $g_{cb}(n,m)$ для кожного частотно-часового мозаїчного фрагмента n,m для $(N+1)^2$ просторових каналів. Посилення для часового кванта $g(n,m) \in \mathbb{R}^{(N+1)^2 \times 1}$ n і смуги m частот розміщуються в .

Багатосмугове DRC застосовується в області QMF-гребінки фільтрів. Етапи обробки показані на фіг. 7. Відновлений HOA-сигнал перетворюється в просторову область за допомогою (зворотного DSHT): $W_{DSHT} = D_{DSHT} C$, де $C \in \mathbb{R}^{(N+1)^2 \times \tau}$ є блоком в τ HOA-вибірок, і $W_{DSHT} \in \mathbb{R}^{(N+1)^2 \times \tau}$ є блоком просторових вибірок, які співпадають з вхідним ступенем часової деталізації QMF-гребінки фільтрів. Після цього застосовується QMF-гребінка аналітичних фільтрів. Нехай $\hat{W}_{DSHT}(n,m) \in \mathbb{C}^{(N+1)^2 \times 1}$ позначає вектор просторових каналів в розрахунку на (n,m) частотно-часовий мозаїчний фрагмент. Далі DRC-посилення застосовуються: $\hat{W}_{DRC}(n,m) = diag(g(n,m))\,\hat{W}_{DSHT}(n,m)$. Щоб мінімізувати обчислювальну складність, DSHT і рендеринг в канали гучномовців комбінуються: $w(n,m) = D\,D_{DSHT}^{-1}\,\hat{W}_{DRC}(n,m)$, де D позначає матрицю HOA-рендерингу. QMF-сигнали потім можуть подаватися в мікшер для подальшої обробки.

Фіг. 7 показує DRC для HOA в QMF-області, комбіноване з етапом рендерингу.

Якщо використана тільки одна група посилень для DRC, це повинно бути помічено за допомогою DRC-декодера, оскільки знов можливі обчислювальні спрощення. У цьому випадку,

посилення у векторі $g(n,m)$ спільно використовують ідентичне значення $g_{DRC}(n,m)$. QMF-гребінка фільтрів може безпосередньо застосовуватися до HOA-сигналу, і посилення $g_{DRC}(n,m)$ може множитися в області гребінки фільтрів.

Фіг. 8 показує DRC для HOA в QMF-області (області фільтрації квадратурного дзеркального фільтра), комбіноване з етапом рендерингу, з обчислювальними спрощеннями для простого випадку однієї групи DRC-посилень.

Очевидно, що з урахуванням вищевикладеного, в одному варіанті здійснення, винахід стосується способу для застосування коефіцієнтів посилення при стисненні динамічного діапазону до HOA-сигналу, при цьому спосіб містить етапи прийому HOA-сигналу і одного або більше коефіцієнтів посилення, перетворення (40) HOA-сигналу в просторову область, при цьому iDSHT використовується з матрицею перетворення, отриманою з сферичних позицій віртуальних гучномовців і квадратурних посилень q, і при цьому виходить перетворений HOA-сигнал, множення коефіцієнтів посилення на перетворений HOA-сигнал, при цьому виходить перетворений HOA-сигнал зі стисненням динамічного діапазону, і перетворення перетвореного HOA-сигналу зі стисненням динамічного діапазону назад в HOA-область, що являє собою область коефіцієнтів, і використовування дискретного перетворення сферичних гармонік (DSHT), при цьому виходить HOA-сигнал зі стисненням динамічного діапазону. Додатково, матриця перетворення обчислюється згідно з $D_{DSHT} = \tilde{D}_2 + [e^T, e^T, e^T, ..]^T$, при цьому $\tilde{D}_2 = \frac{\tilde{D}_2}{\|\tilde{D}_2\|_{fro}}$ є нормалізованою версією $\tilde{\tilde{D}}_2 = UV^T$, причому U, V виходять з $\tilde{D}_1 = USV^T = diag(q)\frac{\Psi_{DSHT}}{(N+1)^2}$, де Ψ_{DSHT} є транспонованою матрицею мод сферичних гармонік, пов'язаних з використовуваними сферичними позиціями віртуальних гучномовців, і e^T

$$e = -\frac{1_1^T \tilde{D}_2 \cdot [1,0,0,...0]}{(N+1)^2}$$

є транспонованою версією .

Додатково, в одному варіанті здійснення, винахід стосується пристрою для застосування коефіцієнтів DRC-посилення до HOA-сигналу, причому пристрій містить процесор або один або більше елементів обробки, виконані з можливістю прийому HOA-сигналу і один або більше коефіцієнтів посилення, перетворення (40) HOA-сигналу в просторову область, при цьому iDSHT використовується з матрицею перетворення, отриманою зі сферичних позицій віртуальних гучномовців і квадратурних посилень q, і при цьому виходить перетворений HOA-сигнал, множення коефіцієнтів посилення на перетворений HOA-сигнал, при цьому виходить перетворений HOA-сигнал зі стисненням динамічного діапазону, і перетворення перетвореного HOA-сигналу зі стисненням динамічного діапазону назад в HOA-область, що являє собою область коефіцієнтів, і використовування дискретного перетворення сферичних гармонік (DSHT), при цьому виходить HOA-сигнал зі стисненням динамічного діапазону. Додатково, матриця перетворення обчислюється згідно з $D_{DSHT} = \tilde{D}_2 + [e^T, e^T, e^T, ..]^T$, при цьому $\tilde{D}_2 = \frac{\tilde{D}_2}{\|\tilde{D}_2\|_{fro}}$ є нормалізованою версією $\tilde{\tilde{D}}_2 = UV^T$, причому U, V виходять з $\tilde{D}_1 = USV^T = diag(q)\frac{\Psi_{DSHT}}{(N+1)^2}$, де Ψ_{DSHT} є транспонованою матрицею мод сферичних гармонік, пов'язаних з використовуваними сферичними позиціями віртуальних гучномовців, і e^T

$$e = -\frac{1_1^T \tilde{D}_2 \cdot [1,0,0,...0]}{(N+1)^2}$$

є транспонованою версією .

Додатково, в одному варіанті здійснення, винахід стосується машинозчитуваного носія зберігання даних, що мають машиновиконувані інструкції, які при виконанні на комп'ютері, наказують комп'ютеру здійснювати спосіб для застосування коефіцієнтів посилення при стисненні динамічного діапазону до сигналу на основі амбіофонії вищого порядку (HOA), при

цьому спосіб містить етапи прийому HOA-сигналу і одного або більше коефіцієнтів посилення, перетворення (40) HOA-сигналу в просторову область, при цьому iDSHT використовується з матрицею перетворення, отриманою зі сферичних позицій віртуальних гучномовців і квадратурних посилень q, і при цьому виходить перетворений HOA-сигнал, множення коефіцієнтів посилення на перетворений HOA-сигнал, при цьому виходить перетворений HOA-сигнал зі стисненням динамічного діапазону, і перетворення перетвореного HOA-сигналу зі стисненням динамічного діапазону назад в HOA-область, що являє собою область коефіцієнтів, і використовування дискретного перетворення сферичних гармонік (DSHT), при цьому виходить HOA-сигнал зі стисненням динамічного діапазону. Додатково, матриця перетворення $D_{DSHT} = \tilde{D}_2 + [\,e^T, e^T, e^T, \ldots]^T$ обчислюється згідно з $\breve{D}_2 = \frac{\tilde{D}_2}{\|\tilde{D}_2\|_{fro}}$, при цьому $\tilde{D}_2$ є нормалізованою версією $\tilde{D}_2 = UV^T$, причому U, V виходять з $\tilde{D}_1 = USV^T = diag(q)\frac{\Psi_{DSHT}}{(N+1)^2}$, де Ψ_{DSHT} є транспонованою матрицею мод сферичних гармонік, пов'язаних з використовуваними сферичними позиціями віртуальних гучномовців, і e^T є транспонованою версією $e = -\frac{1[\breve{D}_2 \cdot [1,0,0,\ldots 0]}{(N+1)^2}$.

Додатково, в одному варіанті здійснення, винахід стосується способу для виконання DRC для HOA-сигналу, при цьому спосіб містить етапи задання або визначення режиму, причому режим являє собою спрощений режим або неспрощений режим, в неспрощеному режимі, перетворення HOA-сигналу в просторову область, при цьому використовується зворотне DSHT, в неспрощеному режимі, аналізу перетвореного HOA-сигналу і, в спрощеному режимі, аналізу HOA-сигналу, отримання, з результатів згаданого аналізу, одного або більше коефіцієнтів посилення, які є застосовними для стиснення динамічного діапазону, при цьому тільки один коефіцієнт посилення виходить в спрощеному режимі, і при цьому два або більше різних коефіцієнтів посилення виходять в неспрощеному режимі, в спрощеному режимі, множення отриманого коефіцієнта посилення на HOA-сигнал, при цьому виходить HOA-сигнал зі стисненням посилення, в неспрощеному режимі, множення отриманих коефіцієнтів посилення на перетворений HOA-сигнал, при цьому виходить перетворений HOA-сигнал зі стисненням посилення, і перетворення перетвореного HOA-сигналу зі стисненням посилення назад в HOA-область, при цьому виходить HOA-сигнал зі стисненням посилення.

В одному варіанті здійснення, спосіб додатково містить етапи прийому індикатора, який указує спрощений режим або неспрощений режим, вибору неспрощеного режиму, якщо згаданий індикатор вказує неспрощений режим, і вибору спрощеного режиму, якщо згаданий індикатор вказує спрощений режим, при цьому етапи перетворення HOA-сигналу в просторову область і перетворення перетвореного HOA-сигналу зі стисненням динамічного діапазону назад в HOA-область виконуються тільки в неспрощеному режимі, і при цьому в спрощеному режимі тільки один коефіцієнт посилення множиться на HOA-сигнал.

В одному варіанті здійснення, спосіб додатково містить етапи, в спрощеному режимі, аналізу HOA-сигналу і, в неспрощеному режимі, аналізу перетвореного HOA-сигналу, потім отримання, з результатів згаданого аналізу, одного або більше коефіцієнтів посилення, які є застосовними для стиснення динамічного діапазону, при цьому в неспрощеному режимі виходять два або більше різних коефіцієнтів посилення, а в спрощеному режимі виходить тільки один коефіцієнт посилення, при цьому в спрощеному режимі HOA-сигнал зі стисненням посилення виходить за допомогою згаданого множення отриманого коефіцієнта посилення на HOA-сигнал, і при цьому в неспрощеному режимі згаданий перетворений HOA-сигнал зі стисненням посилення виходить за допомогою множення отриманих двох або більше коефіцієнтів посилення на перетворений HOA-сигнал, і при цьому в неспрощеному режимі згадане перетворення HOA-сигналу в просторову область використовує зворотне DSHT.

В одному варіанті здійснення, HOA-сигнал розділяється на підсмуги частот, і коефіцієнт(и) посилення виходять і застосовуються до кожної підсмуги частот окремо, з окремими посиленнями в розрахунку на кожну підсмугу частот. В одному варіанті здійснення, етапи аналізу HOA-сигналу (або перетвореного HOA-сигналу), отримання одного або більше коефіцієнтів посилення, множення отриманого коефіцієнта(ів) посилення на HOA-сигнал (або перетворений HOA-сигнал) і перетворення перетвореного HOA-сигналу зі стисненням посилення назад в HOA-область застосовуються до кожної підсмуги частот окремо, з окремими

посиленнями в розрахунку на кожну підсмугу частот. Потрібно зазначити, що послідовний порядок розділення HOA-сигналу на підсмуги частот і перетворення HOA-сигналу в просторову область може переставлятися, і/або послідовний порядок синтезування підсмуг частот і перетворення перетворених HOA-сигналів зі стисненням посилення назад в HOA-область може переставлятися, незалежно один від одного.

В одному варіанті здійснення, спосіб додатково містить, перед етапом множення коефіцієнтів посилення, етап передачі перетвореного HOA-сигналу разом з отриманими коефіцієнтами посилення і кількістю цих коефіцієнтів посилення.

В одному варіанті здійснення, матриця перетворення обчислюється з матриці Ψ_{DSHT} мод і відповідних квадратурних посилень, при цьому матриця Ψ_{DSHT} мод містить вектори мод згідно з $\Psi_{DSHT} = [\boldsymbol{\varphi}(\boldsymbol{\Omega}_1), \ldots, \boldsymbol{\varphi}(\boldsymbol{\Omega}_i), \ldots \boldsymbol{\varphi}(\boldsymbol{\Omega}_{(N+1)^2})]$, де кожний $\boldsymbol{\varphi}(\boldsymbol{\Omega}_i)$ є вектором мод, який містить сферичні гармоніки попередньо заданого напрямку $\boldsymbol{\Omega}_i$ з $\boldsymbol{\Omega}_i = [\vartheta_i, \phi_i]^T$. Попередньо заданий напрямок залежить від HOA-порядку N.

В одному варіанті здійснення, HOA-сигнал B перетворюється в просторову область, щоб отримувати перетворений HOA-сигнал W_{DSHT}, і перетворений HOA-сигнал W_{DSHT} множиться на значення $diag(\boldsymbol{g})$ посилення повибіркового (для кожної вибірки) згідно з $\boldsymbol{W}_{DSHT} = diag(\boldsymbol{g})\, \boldsymbol{D}_L \boldsymbol{B}$, і спосіб містить додатковий етап перетворення перетвореного HOA-сигналу в іншу другу просторову область згідно з $\boldsymbol{W}_2 = \tilde{\boldsymbol{D}}\, \boldsymbol{W}_{DSHT}$, де $\tilde{\boldsymbol{D}}$ попередньо обчислюється в фазі ініціалізації згідно з $\tilde{\boldsymbol{D}} = \boldsymbol{D}\, \boldsymbol{D}_L^{-1}$, і де D є матрицею рендерингу, яка перетворює HOA-сигнал в іншу другу просторову область.

В одному варіанті здійснення щонайменше якщо $(N+1)^2 < \tau$, де N є HOA-порядком, і τ є розміром DRC-блока, спосіб додатково містить етапи перетворення (53) вектора посилення в HOA-область згідно з $\boldsymbol{G} = \boldsymbol{D}_L^{-1}\, diag(\boldsymbol{g})\, \boldsymbol{D}_L$, де G є матрицею посилень, і D_L є DSHT-матрицею, яка задає згадане DSHT, і застосування матриці G посилень до HOA-коефіцієнтів HOA-сигналу B згідно з $\boldsymbol{B}_{DRC} = \boldsymbol{GB}$, при цьому виходить HOA-сигнал B_{DRC} зі DRC-стисненням.

В одному варіанті здійснення щонайменше якщо $L < \tau$, де L є кількістю вихідних каналів, і τ є розміром DRC-блока, спосіб додатково містить етапи застосування матриці G посилень до матриці D модуля рендерингу згідно з $\tilde{\boldsymbol{D}} = \boldsymbol{DG}$, при цьому виходить матриця $\tilde{\boldsymbol{D}}$ модуля рендерингу зі стисненням динамічного діапазону, і рендерингу HOA-сигналу за допомогою матриці модуля рендерингу зі стисненням динамічного діапазону.

В одному варіанті здійснення, винахід стосується способу для застосування коефіцієнтів DRC-посилення до HOA-сигналу, при цьому спосіб містить етапи прийому HOA-сигналу разом з індикатором і одним або більше коефіцієнтів посилення, причому індикатор вказує спрощений режим або неспрощений режим, при цьому приймається тільки один коефіцієнт посилення, якщо індикатор вказує спрощений режим, вибору спрощеного режиму або неспрощеного режиму згідно із згаданим індикатором, в спрощеному режимі, множення коефіцієнта посилення на HOA-сигнал, при цьому виходить HOA-сигнал зі стисненням динамічного діапазону, і в неспрощеному режимі, перетворення HOA-сигналу в просторову область, при цьому виходить перетворений HOA-сигнал, множення коефіцієнтів посилення на перетворені HOA-сигнали, при цьому виходять перетворені HOA-сигнали зі стисненням динамічного діапазону, і перетворення перетворених HOA-сигналів зі стисненням динамічного діапазону назад в HOA-область, при цьому виходить HOA-сигнал зі стисненням динамічного діапазону.

Додатково, в одному варіанті здійснення, винахід стосується пристрою для виконання DRC для HOA-сигналу, причому пристрій містить процесор або один або більше елементів обробки, виконані з можливістю задання або визначення режиму, причому режим являє собою спрощений режим або неспрощений режим, в неспрощеному режимі, перетворення HOA-сигналу в просторову область, при цьому використовується зворотне DSHT, в неспрощеному

режимі, аналізу перетвореного HOA-сигналу, тоді як в спрощеному режимі, аналізу HOA-сигналу, отримання, з результатів згаданого аналізу, одного або більше коефіцієнтів посилення, які є застосовними для стиснення динамічного діапазону, при цьому тільки один коефіцієнт посилення виходить в спрощеному режимі, і при цьому два або більше різних коефіцієнтів посилення виходять в неспрощеному режимі, в спрощеному режимі, множення отриманого коефіцієнта посилення на HOA-сигнал, при цьому виходить HOA-сигнал зі стисненням посилення, і в неспрощеному режимі, множення отриманих коефіцієнтів посилення на перетворений HOA-сигнал, при цьому виходить перетворений HOA-сигнал зі стисненням посилення, і перетворення перетвореного HOA-сигналу зі стисненням посилення назад в HOA-область, при цьому виходить HOA-сигнал зі стисненням посилення.

В одному варіанті здійснення тільки для неспрощеного режиму, пристрій для виконання DRC для HOA-сигналу містить процесор або один або більше елементів обробки, виконані з можливістю перетворення HOA-сигналу в просторову область, аналізу перетвореного HOA-сигналу, отримання, з результатів згаданого аналізу, коефіцієнтів посилення, які є застосовними для стиснення динамічного діапазону, множення отриманих коефіцієнтів на перетворені HOA-сигнали, при цьому виходять перетворені HOA-сигнали зі стисненням посилення, і перетворення перетворених HOA-сигналів зі стисненням посилення назад в HOA-область, при цьому виходять HOA-сигнали зі стисненням посилення. В одному варіанті здійснення, пристрій додатково містить передавальний модуль для передачі, перед множенням отриманого коефіцієнта посилення або коефіцієнтів посилення, HOA-сигналу разом з отриманим коефіцієнтом посилення або коефіцієнтами посилення.

Також тут потрібно зазначити, що послідовний порядок розділення HOA-сигналу на підсмуги частот і перетворення HOA-сигналу в просторову область може переставлятися, і послідовний порядок синтезування підсмуг частот і перетворення перетворених HOA-сигналів зі стисненням посилення назад в HOA-область може переставлятися, незалежно один від одного.

Додатково, в одному варіанті здійснення, винахід стосується пристрою для застосування коефіцієнтів DRC-посилення до HOA-сигналу, причому пристрій містить процесор або один або більше елементів обробки, виконані з можливістю прийому HOA-сигналу разом з індикатором і одним або більше коефіцієнтів посилення, причому індикатор вказує спрощений режим або неспрощений режим, при цьому приймається тільки один коефіцієнт посилення, якщо індикатор вказує спрощений режим, завдання пристрою в спрощений режим або в неспрощений режим, згідно із згаданим індикатором, в спрощеному режимі, множення коефіцієнта посилення на HOA-сигнал, при цьому виходить HOA-сигнал зі стисненням динамічного діапазону; і в неспрощеному режимі, перетворення HOA-сигналу в просторову область, при цьому виходить перетворений HOA-сигнал, множення коефіцієнтів посилення на перетворені HOA-сигнали, при цьому виходять перетворені HOA-сигнали зі стисненням динамічного діапазону, і перетворення перетворених HOA-сигналів зі стисненням динамічного діапазону назад в HOA-область, при цьому виходить HOA-сигнал зі стисненням динамічного діапазону.

В одному варіанті здійснення, пристрій додатково містить передавальний модуль для передачі, перед множенням отриманих коефіцієнтів, HOA-сигналів разом з отриманими коефіцієнтами посилення. В одному варіанті здійснення, HOA-сигнал розділяється на підсмуги частот, і аналіз перетвореного HOA-сигналу, отримання коефіцієнтів посилення, множення отриманих коефіцієнтів на перетворені HOA-сигнали і перетворення перетворених HOA-сигналів зі стисненням посилення назад в HOA-область застосовуються до кожної підсмуги частот окремо, з окремими посиленнями в розрахунку на кожну підсмугу частот.

В одному варіанті здійснення пристрою для застосування коефіцієнтів DRC-посилення до HOA-сигналу, HOA-сигнал розділяється на множину підсмуг частот, і отримання одного або більше коефіцієнтів посилення, множення отриманих коефіцієнтів посилення на HOA-сигнали або перетворені HOA-сигнали і, в неспрощеному режимі, перетворення перетворених HOA-сигналів зі стисненням посилення назад в HOA-область застосовуються до кожної підсмуги частот окремо, з окремими посиленнями в розрахунку на кожну підсмугу частот.

Додатково, в одному варіанті здійснення, в якому використовується тільки неспрощений режим, винахід стосується пристрою для застосування коефіцієнтів DRC-посилення до HOA-сигналу, причому пристрій містить процесор або один або більше елементів обробки, виконані з можливістю прийому HOA-сигналу разом з коефіцієнтами посилення, перетворення HOA-сигналу в просторову область (з використовуванням iDSHT), при цьому виходить перетворений HOA-сигнал, множення коефіцієнтів посилення на перетворений HOA-сигнал, при цьому виходить перетворений HOA-сигнал зі стисненням динамічного діапазону, і перетворення перетвореного HOA-сигналу зі стисненням динамічного діапазону назад в HOA-область (тобто в область коефіцієнтів) (з використовуванням DSHT), при цьому виходить HOA-сигнал зі

стисненням динамічного діапазону.

Наступні таблиці табл. 4-6 перелічують сферичні позиції віртуальних гучномовців для HOA порядку N з N=4, 5 або 6.

Хоча показані, описані і вказані фундаментальні новітні ознаки даного винаходу, які застосовуються до його переважних варіантів здійснення, потрібно розуміти, що різне опускання і підстановки, і зміни в описаних пристрої і способі, за формою і подробицями розкритих пристроїв і в їх роботі, можуть вноситися фахівцями в даній галузі техніки без відступу від суті даного винаходу. Явно мається на увазі, що всі комбінації цих елементів, які виконують, по суті, ідентичну функцію, по суті, ідентичним способом, з тим щоб досягати ідентичних результатів, знаходяться в межах об'єму винаходу. Підстановки елементів з одного описаного варіанту здійснення в інший також повністю маються на увазі і розглядаються.

Потрібно розуміти, що даний винахід описаний просто як приклад, і модифікації подробиць можуть здійснюватися без відступу об'єму винаходу. Кожна ознака, розкрита в описі і (при необхідності) в формулі винаходу і на кресленнях, може надаватися незалежно або в будь-якій придатній комбінації. При необхідності, ознаки можуть реалізовуватися в апаратних засобах, програмному забезпеченні або в комбінації зазначеного.

Бібліографічний список

[1] "Integration nodes for the sphere", Jorg Fliege 2010, доступний із 2010-10-05 за адресою http://www.mathematik.uni-dortmund.de/lsx/research/projects/fliege/nodes/nodes.html

[2] "A two-stage approach for computing cubature formulae for the sphere", Jorg Fliege and Ulrike Maier, Technical report, Fachbereich Mathematik, Universitat Dortmund, 1999 рік

N=4 Положення

Таблиця 4

Нахил/рад	Азимут/рад	Посилення q
1,57079633	0,00000000	0,52689274
2,39401407	0,00000000	0,48518011
1,14059283	-1,75618245	0,52688432
1,33721851	0,69215601	0,47027816
1,72512898	-1,33340585	0,48037442
1,17406779	-0,79850952	0,51130478
0,69042674	1,07623171	0,50662254
1,47478735	1,43953896	0,52158458
1,67073876	2,25235428	0,52835300
2,52745842	-1,33179653	0,52388165
1,81037110	3,05783641	0,49800736
1,91827560	-2,03351312	0,48516540
0,27992161	2,55302196	0,50663531
0,47981675	-1,18580204	0,50824199
2,37644317	2,52383590	0,45807408
0,98508365	2,03459671	0,47260252
2,18924206	1,58232601	0,49801422
1,49441825	-2,58932194	0,51745117
2,04428895	0,76615262	0,51744164
2,43923726	-2,63989327	0,52146074
1,10308418	2,88498471	0,52158484
0,78489181	-2,54224201	0,47027748
2,96802845	1,25258904	0,52145388
1,91816652	-0,63874484	0,48036020
0,80829458	-0,00991977	0,50824345

Таблиця 4: Сферичні положення віртуальних гучномовців для HOA-порядку N=4

N=5 Положення

Таблиця 5

Нахил/радий	Азимут/радий	Посилення g
1,57079633	0,00000000	0,34493574
2,68749293	3,14159265	0,35131373
1,92461621	-1,22481468	0,35358151
1,95917092	3,06534485	0,36442231
2,18883411	0,08893301	0,36437350
0,35664531	-2,15475973	0,33953855
1,32915731	-1,05408340	0,35358417
2,21829206	2,45308518	0,33534647
1,00903070	2,31872053	0,34739607
0,99455136	-2,29370294	0,36437101
1,13601102	-0,46303195	0,33534542
0,41863640	0,63541391	0,35131934
1,78596913	-0,56826765	0,34739591
0,56658255	-0,66284593	0,36441956
2,25292410	0,89044754	0,36437098
2,67263757	-1,71236120	0,36442208
0,86753981	-1,50749854	0,34068122
1,38158330	1,72190554	0,35358401
0,98578154	0,23428465	0,35131950
1,45079827	-1,69748851	0,34739437
2,09223697	-1,85025366	0,33534659
2,62854417	1,70110685	0,34494256
1,44817433	-2,83400771	0,33953463
2,37827410	-0,72817212	0,34068529
0,82285875	1,51124182	0,33534531
0,40679748	2,38217051	0,34493552
0,84332549	-3,07860398	0,36437337
1,38947809	2,83246237	0,34068522
1,61795773	-2,27837285	0,34494274
2,17389505	-2,58540735	0,35131361
1,65172710	2,28105193	0,35358166
1,67862104	0,57097606	0,33953819
2,02514031	1,70739195	0,34739443
1,12965858	0,89802542	0,36442004
2,82979093	0,17840931	0,33953488
1,67550339	1,18664952	0,34068114

Таблиця 5: Сферичні положення віртуальних гучномовців для HOA-порядку N=5
N=6 Положення

Таблиця 6

Нахил/радий	Азимут/радий	Посилення g
1,57079633	0,00000000	0,23821170
2,42144792	0,00000000	0,23821175
0,32919895	2,78993083	0,26169552
1,06225899	1,49243160	0,25534085
1,06225899	1,49243160	0,25534085
1,01526896	-2,16495206	0,25092628
1,10570423	-1,59180661	0,25099550
1,47319543	1,14258135	0,26160776
2,15414541	1,88359269	0,24442720
0,20805372	-0,52863458	0,25487678
0,50141101	-2,11057110	0,25619096

1,98041218	0,28912378	0,26288225
0,83752075	-2,81667891	0,25837996
2,44130228	0,81495962	0,26772416
1,21539727	-1,00788022	0,25534092
2,62944184	-1,58354086	0,26437874
1,86884674	-2,40686906	0,25619091
0,68705554	-1,20612227	0,25576026
1,52325470	-1,98940871	0,26169551
2,39097364	-2,37336381	0,25576025
0,98667678	0,86446728	0,26014219
2,27078506	-3,06771779	0,25099551
2,33605400	2,51674567	0,26455002
1,29371004	2,03656562	0,25576032
0,86334494	2,77720222	0,25092620
1,94118355	-0,37820559	0,26772409
2,10323413	-1,28283816	0,24442725
1,87416330	0,80785741	0,23821179
1,63423157	1,65277986	0,26437876
2,06477636	1,31341296	0,25595469
0,82305807	-0,47771423	0,26437883
2,04154780	-1,85106655	0,25487677
0,61285067	0,33640173	0,24442716
1,08029340	0,10986230	0,25595472
1,60164764	-1,43535015	0,26455000
2,66513701	1,69643796	0,26014228
1,35887781	-2,58083733	0,25838000
1,78658555	2,25563014	0,25487674
1,83333508	2,80487382	0,26169549
0,78406009	2,08860099	0,25099560
2,94031615	-0,07888534	0,26160780
1,34658213	2,57400947	0,25619094
1,73906669	-0,87744928	0,26014223
0,50210739	1,33550547	0,26455007
2,38040297	-0,75104092	0,25595462
1,41826790	0,54845193	0,26772418
1,77904107	-2,93136138	0,25092628
1,35746628	-0,47759398	0,26160765
1,31545731	3,12752832	0,25838016
2,81487011	-3,12843671	0,25534100

Таблиця 6: Сферичні положення віртуальних гучномовців для HOA-порядку N=6

ФОРМУЛА ВИНАХОДУ

1. Спосіб виконання стиснення динамічного діапазону (DRC), при цьому спосіб включає етапи, на яких:
застосовують DRC в області QMF-гребінки фільтрів;
приймають аудіопредставлення на основі амбіофонії вищого порядку (HOA) і значення $g_n(n,m)$ посилення відповідного частотно-часового мозаїчного фрагмента (n,m);
застосовують значення посилення і матрицю дискретного перетворення сферичних гармонік (DSHT) до аудіопредставлення на основі амбіофонії вищого порядку (HOA),
причому значення посилення застосовують на основі $\tilde{w}_{DRC}(n,m) = \mathrm{diag}g(n,m))\, w_{DSHT}(n,m),$ де w_{DSHT} означає вектор просторових каналів для частотно-часового мозаїчного фрагмента (n,m), і при цьому вектор $\tilde{w}_{DSHT}(n,m)$ визначений на основі застосування матриці DSHT до аудіопредставлення (HOA).
2. Спосіб за п. 1, що додатково включає комбінування матриці DSHT і рендерингу в канали гучномовців на основі, $w(n,m) = DD_{DSHT}^{-1}\tilde{w}_{DRC}(n,m),$ де D_{DSHT}^{-1} інверсія матриці DSHT і D означає матрицю HOA-рендерингу.

3. Спосіб за п. 1, в якому матриця DSHT основана на прототипній матриці $\breve{D}_2$ і вектор-рядка e.

4. Спосіб за п. 1, який додатково включає прийом індикації спрощеного режиму і на основі індикації спрощеного режиму множення аудіопредставлення (HOA) на тільки один коефіцієнт посилення, відповідний значенню посилення.

5. Спосіб за п. 1, в якому аудіопредставлення (HOA) розділяють на підсмуги частот, і коефіцієнт посилення застосовують до кожної підсмуги частот окремо.

6. Спосіб за п. 1, в якому щонайменше, якщо $(N+1)^2 < \tau$, де N є HOA-порядком, і τ є розміром DRC-блока, спосіб додатково включає етапи перетворення вектора посилення в HOA-область згідно з $G = D_L^{-1} diag(g) D_L$, де G є матрицею посилень, і D_L є DSHT-матрицею, яка задає згадане DSHT, і застосування матриці G посилень до HOA-коефіцієнтів аудіопредставлення HOA B згідно з $B_{DRC} = GB$, при цьому отримують HOA-сигнал B_{DRC} з DRC-стисненням.

7. Пристрій виконання стиснення динамічного діапазону (DRC), при цьому пристрій містить:
приймач, сконфігурований для прийому аудіопредставлення на основі амбіофонії вищого порядку (HOA) і значення $g_n(n,m)$ посилення, відповідне частотно-часовому мозаїчному фрагменту (n,m);
аудіодекодер, сконфігурований для застосування значення посилення і матриці дискретного перетворення сферичних гармонік (DSHT) до аудіопредставлення на основі амбіофонії вищого порядку (HOA),
причому значення посилення застосовують на основі $w_{DRC}(n,m) = diag(g(n,m))\, w_{DSHT}(n,m)$, де $w_{DSHT}(n,m)$ означає вектор просторових каналів для частотно-часового мозаїчного фрагмента (n,m), і при цьому вектор $\hat{w}_{DSHT}(n,m)$ визначений на основі застосування матриці DSHT до аудіопредставлення (HOA).

8. Пристрій за п. 7, в якому декодер додатково сконфігурований для комбінування матриці DSHT і рендерингу в каналі гучномовців на основі, $w(n,m) = D D_{DSHT}^{-1} \breve{w}_{DRC}(n,m)$, де D_{DSHT}^{-1} інверсія матриці DSHT і D означає матрицю HOA-рендерингу.

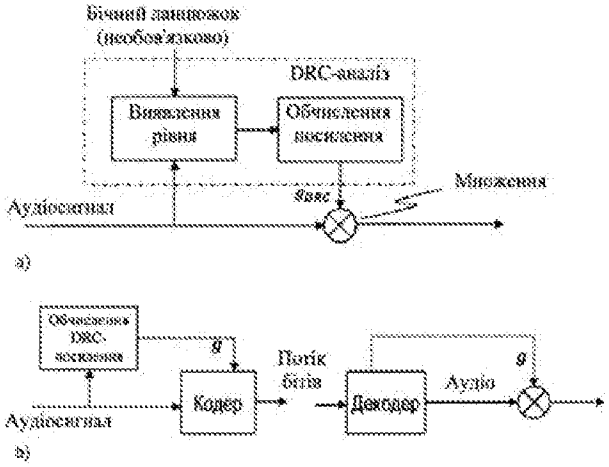
9. Пристрій за п. 7, в якому матриця DSHT основана на прототипній матриці $\breve{D}_2$ і вектор-рядка e.

10. Пристрій за п. 7, що додатково містить прийом індикації спрощеного режиму і на основі індикації спрощеного режиму множення аудіопредставлення (HOA) на тільки один коефіцієнт посилення, відповідний значенню посилення.

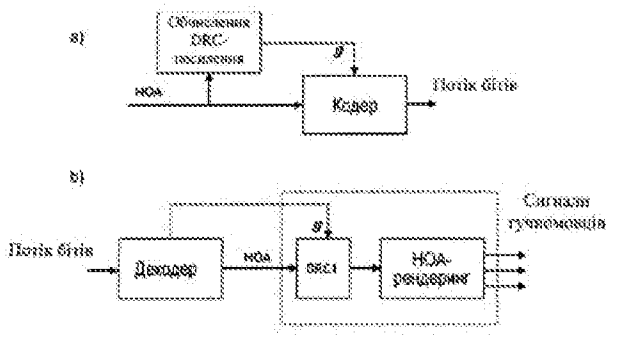
11. Пристрій за п. 7, в якому аудіопредставлення (HOA) розділяють на підсмуги частот, і коефіцієнт посилення застосовують до кожної підсмуги частот окремо.

12. Пристрій за п. 7, в якому щонайменше, якщо $(N+1)^2 < \tau$, де N є HOA-порядком, і τ є розміром DRC-блока, причому аудіодекодер додатково сконфігурований для перетворення вектора посилення в HOA-область згідно з $G = D_L^{-1} diag(g) D_L$, де G є матрицею посилень, і D_L є DSHT-матрицею, яка задає згадане DSHT, і застосування матриці G посилень до HOA-коефіцієнтів аудіопредставлення HOA B згідно з $B_{DRC} = GB$, при цьому отримують HOA-сигнал B_{DRC} з DRC-стисненням.

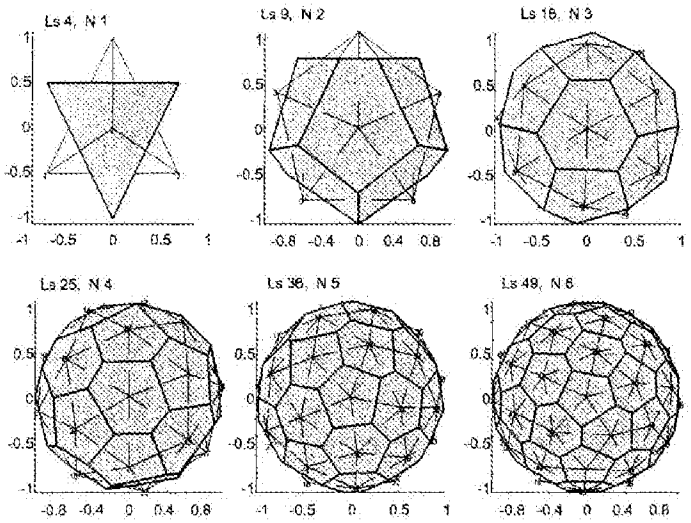
13. Машинозчитуваний носій зберігання даних, який має машиновиконувані інструкції, які при виконанні на комп'ютері наказують комп'ютеру здійснювати спосіб виконання стиснення динамічного діапазону (DRC), при цьому спосіб включає етапи, на яких:
застосовують DRC в області QMF-гребінки фільтрів;
приймають аудіопредставлення на основі амбіофонії вищого порядку (HOA) і значення $g_n(n,m)$ посилення, відповідне частотно-часовому мозаїчному фрагменту (n,m);
застосовують значення посилення і матрицю дискретного перетворення сферичних гармонік (DSHT) до аудіопредставлення на основі амбіофонії вищого порядку (HOA),
причому значення посилення застосовують на основі $w_{DRC}(n,m) = diag(g(n,m))\, \hat{w}_{DSHT}(n,m)$, де $\hat{w}_{DSHT}(n,m)$ означає вектор просторових каналів для частотно-часового мозаїчного фрагмента (n,m), і при цьому вектор $\hat{w}_{DSHT}(n,m)$ визначений на основі застосування матриці DSHT до аудіопредставлення (HOA).



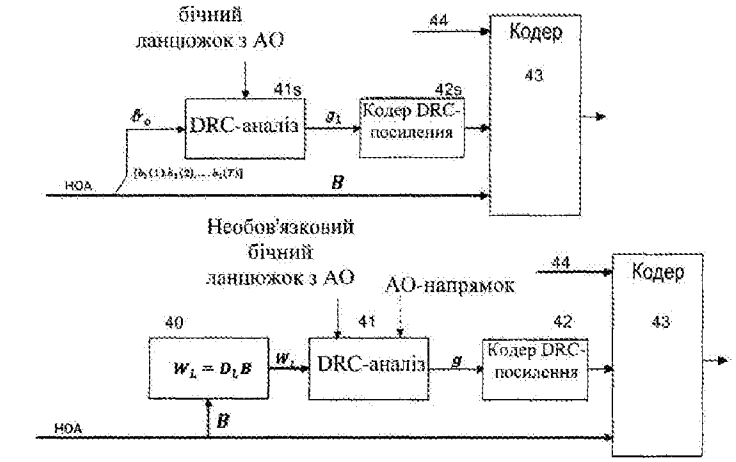
Фіг. 1



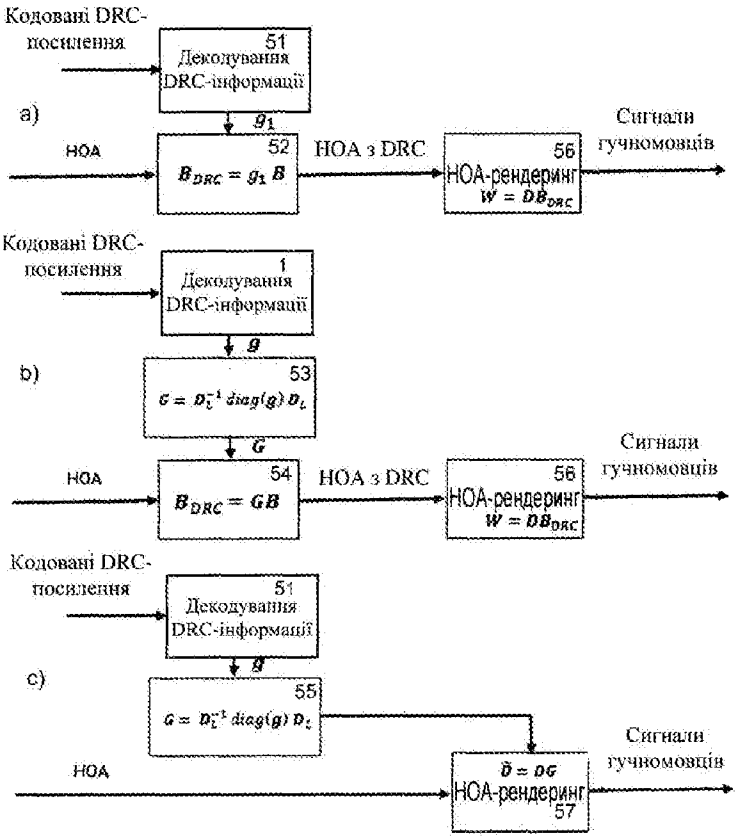
Фіг. 2



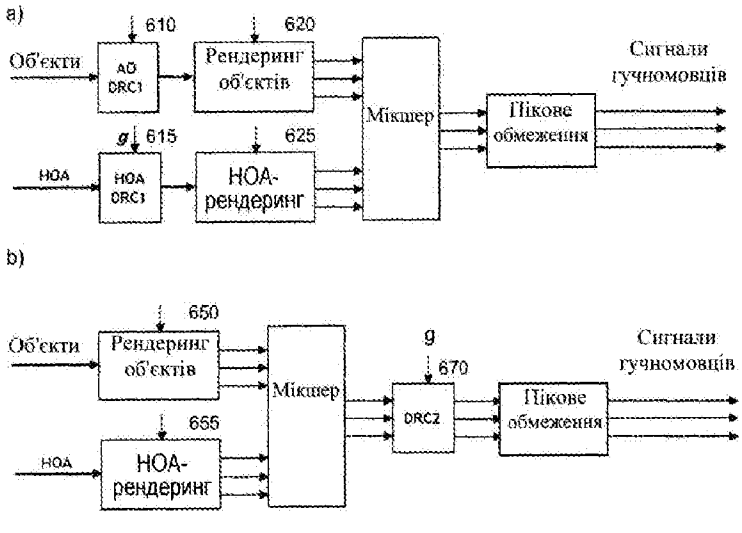
Необов'язковий Фіг. 3


бічний
ланцюжок з АО
44
Кодер
43
41s
42s
DRC-аналіз
Кодер DRC-
посилення
HOA
B
Необов'язковий
бічний
ланцюжок з АО
АО-напрямок
40
41
42
DRC-аналіз
Кодер DRC-
посилення
HOA
B

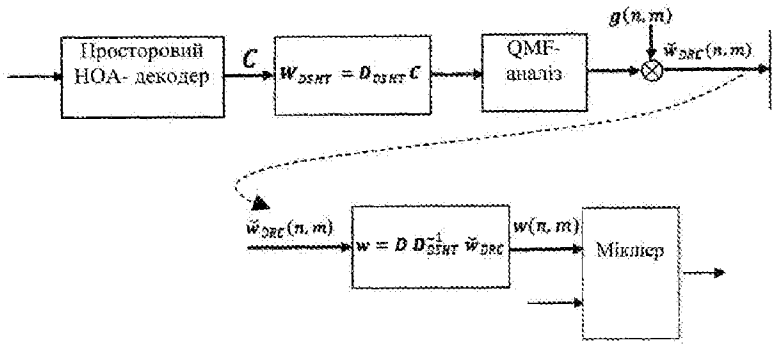
Фіг. 4


Кодовані DRC-
посилення
51
Декодування
DRC-інформації
a)
HOA
52
HOA з DRC
56
HOA-рендеринг
Сигнали
гучномовців
Кодовані DRC-
посилення
1
Декодування
DRC-інформації
b)
53
HOA
54
HOA з DRC
56
HOA-рендеринг
Сигнали
гучномовців
Кодовані DRC-
посилення
51
Декодування
DRC-інформації
c)
55
HOA
57
HOA-рендеринг
Сигнали
гучномовців

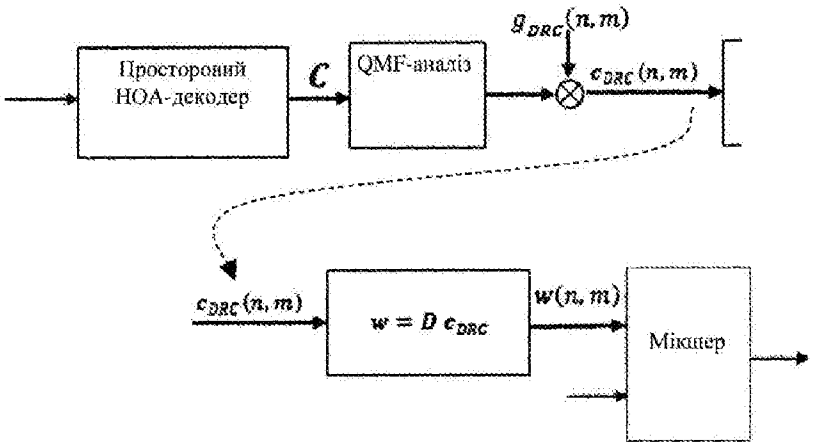
Фіг. 5



Фіг. 6



Фіг. 7



Фіг. 8

Комп'ютерна верстка В. Мацело

Міністерство економічного розвитку і торгівлі України, вул. М. Грушевського, 12/2, м. Київ, 01008, Україна

ДП "Український інститут інтелектуальної власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601